



**BEST AVAILABLE COPY****Chemically machined spectral grating**

**Patent number:** DE3219917  
**Publication date:** 1982-12-23  
**Inventor:** JUNGKMAN DAVID L [US]  
**Applicant:** HONEYWELL INC [US]  
**Classification:**  
- international: G02B5/18; G03F7/00  
- european: G02B5/18M2  
**Application number:** DE19823219917 19820527  
**Priority number(s):** US19810269193 19810601

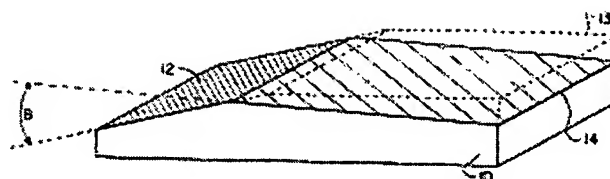
**Also published as:**

 US 4357204 (A1)  
 G B2099373 (A)

Abstract not available for DE3219917

Abstract of corresponding document: **US4357204**

A process for manufacturing spectral gratings having very low blaze angles by preferential etching of single crystal substrates with the resultant exposed crystal planes utilized as the grating.



---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 32 19917 A1**

⑤ Int. Cl. 3:  
**G 02 B 5/18**  
G 03 F 7/00

⑳ Aktenzeichen:  
㉔ Anmeldetag:  
㉕ Offenlegungstag:

P 32 19 917.1  
27. 5. 82  
23. 12. 82

③ Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
01.06.81 US 269193

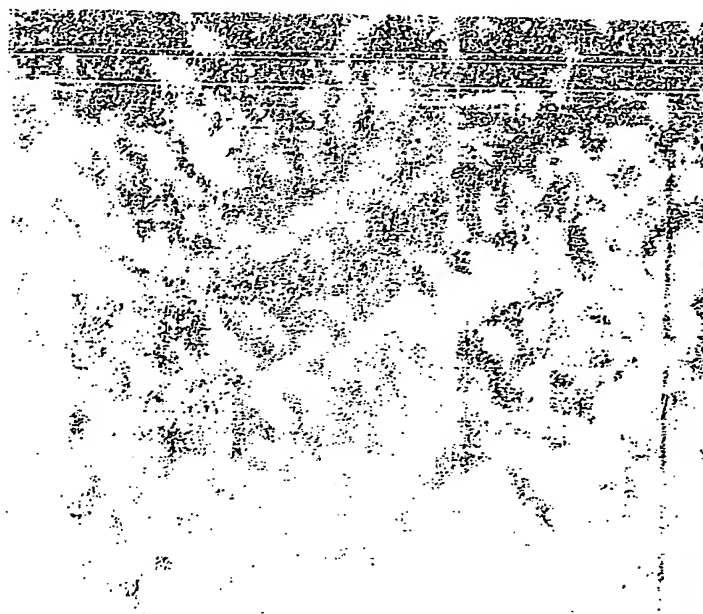
⑦① Anmelder:  
Honeywell Inc., Minneapolis, Minn., US

⑦④ Vertreter:  
Rentzsch, H., Dipl.-Ing., Pat.-Ass.; Herzbach, D., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Ass., 6050 Offenbach

⑦② Erfinder:  
Jungkman, David L., 03051 Hudson, N.H., US

⑤④ **Verfahren zur Herstellung eines Beugungsgitters**

Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines Beugungsgitters mit geringem Lichtstreuwinkel angegeben, wobei zur Herstellung ein monokristalliner Siliziumblock verwendet wird. Der Siliziumblock wird an einem Ende geätzt, um eine ätzbeständige (111)-Kristallebene freizulegen und die Deckfläche wird bearbeitet, um eine Oberfläche unter dem gewünschten Lichtstreuwinkel zu dieser (111)-Ebene zu bilden. Sodann wird diese Oberfläche oxydiert, mit einem Photoresist beschichtet und dieses mit einem Muster aus schmalen parallelen Linien belichtet. Anschließend wird durch einen Ätzvorgang das Beugungsgitter hergestellt. Das Verfahren macht von der Tatsache Gebrauch, daß die (111)-Kristallebene 30 bis 50 mal ätzbeständiger als das nicht ausgerichtete Silizium ist. (32 19 917)



DE 32 19917 A1

DE 32 19917 A1

1009032

27.05.82

Nr.: 3219917  
 Int. Cl.<sup>3</sup>: G02B 5/18  
 Anmeldetag: 27. Mai 1982  
 Offenlegungstag: 23. Dezember 1982

3219917

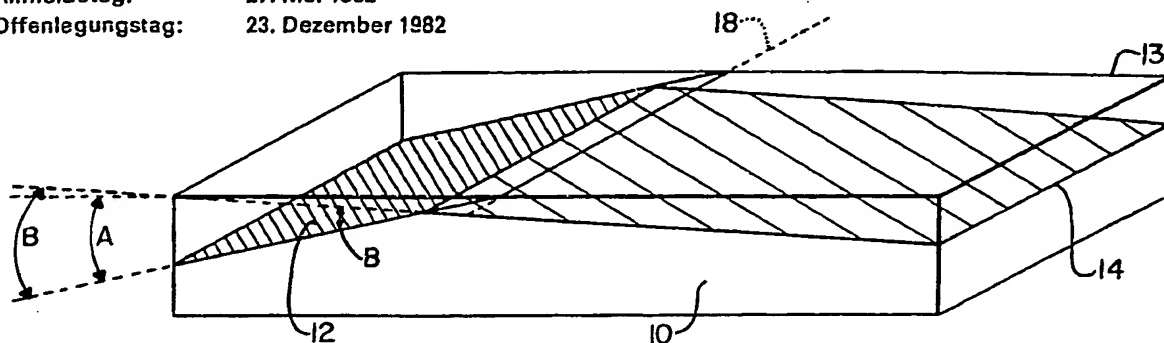


FIG. 1

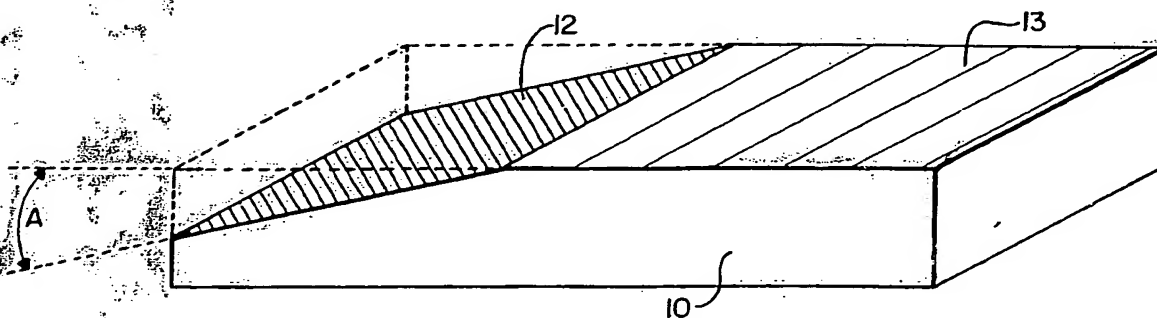


FIG. 2A

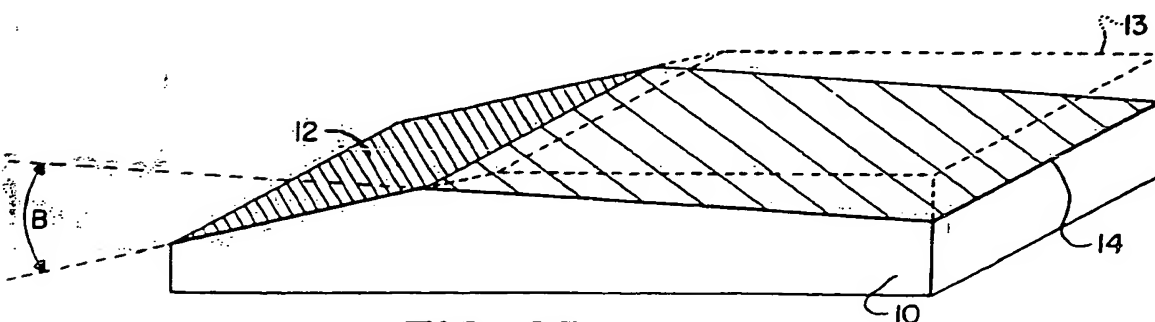


FIG. 2B

27.05.82

3219917

HONEYWELL INC.  
Honeywell Plaza  
Minneapolis, Minn., USA

26. Mai 1982  
1009082 DE  
Hz/umw

Verfahren zur Herstellung  
eines Beugungsgitters

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung eines Beugungsgitters.  
g e k e n n z e i c h n e t     d u r c h
  - a) Formung eines monokristallinen Rohlings (10) mit einer ätzbeständigen Kristallebene (12) unter einem gewünschten Winkel zu einer Fläche (14);
  - b) Bildung eines ätzbeständigen Musters von parallelen Linien (17) auf dieser Fläche (14);     und
  - c) Ätzen dieser mit dem ätzbeständigen Muster versehenen Fläche (14).
2. Verfahren nach Anspruch 1,     d a d u r c h     g e -  
k e n n z e i c h n e t,     d a ß     d e r     S c h r i t t     a)     u m -  
f a ß t:
  - a1) Formung des Rohlings (10) mit einer Oberfläche (14) unter ungefähr dem gewünschten Winkel zu der ätzbeständigen Kristallebene (12);
  - a2) Ätzen eines Teiles der Oberfläche, um die ätzbeständige Kristallebene (12) freizulegen;     und
  - a3) Bearbeiten der verbleibenden Oberfläche, um die Fläche (14) unter dem gewünschten Winkel neu zu bilden.

27.05.82

32199

-2-

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, daß der Schritt b)  
umfaßt:  
b1) Oxydieren der Fläche (14);  
b2) Auftragen einer Photoresistschicht (16) auf das  
Oxyd (15); und  
b3) Belichten der Photoresistschicht (16) durch eine  
Maske (17) bestehend aus einem Muster paralleler  
Linien.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die Fläche (14) nach dem Ätzen metallisiert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
als Material Silizium verwendet wird und daß die  
ätzbeständige Ebene durch die (111)-Ebene vorgegeben  
ist.
6. Verfahren nach Anspruch 1 oder einem der folgenden,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
das Ätzen mit Pyrokatechin oder Natriumhydroxid er-  
folgt.

27.05.82

3219917

-3-

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Beugungsgitters.

Beugungsgitter bilden ein wesentliches Element bei den meisten spektralen Meßeinrichtungen. Das Beugungsgitter ist ein optisches Element welches durch die Beugung eines Lichtstrahles ein Spektrum bildet, wobei das Gitter aus eng benachbarten und in regelmäßigen Abständen parallel zueinander angeordneten Nuten besteht, die in eine im wesentlichen ebene Oberfläche eingekerbt sind. Bei einem zur optischen Übertragung verwendeten Gitter besteht die Oberfläche typischerweise aus Glas oder einem Plastikmaterial, während bei einem Reflexionsgitter ein Spiegel aus poliertem Aluminium oder einem sonstigen Metall verwendet wird.

Ein typisches Reflexionsgitter, das üblicherweise im Infrarot-Wellenlängenbereich verwendet wird, ist das Echelettegitter. Bei diesem Gitter werden die Kerben durch eine Reihe von abgestuften optisch flachen Oberflächen gebildet, die unter einem festgelegten Winkel geneigt sind, um den Hauptanteil der Energie in einer Richtung und in einer spezifischen Beugungsordnung zu reflektieren. Der Winkel, den die abgestuften Oberflächen mit der Vorderfläche des Gitters bilden (Lichteinfallswinkel) zusammen mit dem Abstand zwischen den Stufen ( die Teilung des Gitters) und die Länge einer jeden abgestuften Oberfläche legen die wesentliche Charakteristik des Gitters fest.

In der Vergangenheit wurden solche Gitter typischerweise mechanisch unter Verwendung einer Teilmaschine hergestellt. Die Teilmaschine weist ein genau geformtes Diamant-Schneidwerkzeug auf einem in zwei Achsen beweglichen Schlitten

27.05.82

3219917

-4-

auf, so daß jede Kerbe des Gitters durch aufeinanderfolgende Durchgänge des Diamant-Schneidwerkzeuges über dem Metallrohling geschnitten wird. Das fertiggestellte Gitter kann direkt verwendet werden oder als Schablone für die Reproduktion von Gittern dienen. Dieses Herstellungsverfahren erweist sich als gut für viele Arten von Gittern. Es hat sich jedoch als nicht ausreichend erwiesen, bei der Herstellung von Reflexionsgittern mit geringem Lichtstreuungswinkel.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung von Beugungsgittern anzugeben, die einen geringen Lichtstreuungswinkel aufweisen. Die Lösung dieser Aufgabe gelingt gemäß dem im Anspruch 1 gekennzeichneten Verfahren. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind den Unteransprüchen entnehmbar.

Anhand der Figuren der beiliegenden Zeichnung sei im folgenden das erfindungsgemäße Verfahren an einem Beispiel beschrieben. Es zeigen:

Fig.1 die Winkelbeziehungen verschiedener Ebenen zu den Oberflächen eines Siliziumrohlings; und

Fig.2A bis 2E die Herstellungsschritte eines Echelettegitters

Nachfolgend wird die Herstellung eines reflektierenden Beugungsgitters mit geringem Lichtstreuungswinkel (ungefähr ein mrad, d.h. 1 Milliradian bzw.  $0^{\circ} 3,5'$ ) aus Siliziumsubstrat beschrieben, obgleich andere ätzbare monokristalline Materialien ebenfalls verwendet werden können.



27.05.82

3219917

-5-

Figur 1 zeigt eine Gesamtansicht der geometrischen Beziehungen, während durch die Figuren 2A bis 2E der tatsächliche Herstellungsprozess veranschaulicht ist. Mit kurzen Worten zeigt Figur 2A einen Siliziumrohling 10, der geätzt worden ist, um eine (111)-Kristallebene 12 freizulegen. Figur 2B zeigt den Rohling, nachdem die Winkelbeziehung zwischen der Deckfläche des Rohlings und der (111)-Kristallebene 12 erneut durch Lappen und Polieren zwecks Bildung einer neuen Deckfläche 14 definiert worden ist. Figur 2C zeigt den Rohling nach der Ablagerung von aufeinanderfolgenden Schichten aus Dampf oxyd und einem Photoresist. Figur 2D zeigt den Rohling nach dem Auflegen einer Photomaske und nach dem Wegätzen der aufgedampften Oxydschicht. Figur 2E zeigt den Rohling nach dem bevorzugten Ätzvorgang zur Definition der Gitteroberflächen.

Die Bezeichnung (111) sei zunächst erläutert. Die Orientierung einer spezifischen Kristallfläche zu ihren kristallographischen Achsen wird üblicherweise durch ein Zuordnungssystem von numerischen Werten zu jeder Fläche ausgedrückt, wobei diese Zuordnung als "Miller-Index" bezeichnet ist. Die Miller-Indizes einer beliebigen Kristallfläche "hkl" sind die genormten Reziprokwerte der Schnittpunkten der Fläche mit den kristallographischen Achsen a, b, c, die durch die Symmetrie des Kristalls definiert sind. Die (111)-Ebene bezieht sich auf eine Kristallfläche, welche jede der positiven orthogonalen kristallographischen Achsen von Silizium (ein isometrischer Kristall) in einer Einheitslänge von dem Kristallzentrum schneidet. Genau genommen sollte die Bezeichnung  $\{111\}$  verwendet werden, wobei sich diese Bezeichnung auf die Gruppe aller Ebenen bezieht, die die kristallographischen Achsen in der Einheitsentfernung schneiden und die Ebenen ( $\bar{1}11$ )

27.05.66

3219917

-6-

$(\bar{1}\bar{1}1)$ ,  $(11\bar{1})$ ,  $(\bar{1}1\bar{1})$ ,  $(1\bar{1}\bar{1})$ ,  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$  sowie die Ebene  $(111)$  umfassen, wobei ein Strich über der Zahl anzeigt, daß die Ebene einen negativen Achsenabschnitt besitzt.

Die Herstellung beginnt ausgehend von einem Block aus monokristallinem Silizium, das so geschnitten ist, daß ein Rohling von ungefähr 2mm Dicke gebildet wird. In diesem Rohling ist die  $(111)$ -Kristallebene 12 unter einem Winkel A zu der Deckfläche 13 des Rohlings 10 ausgerichtet, wie dies in Figur 1 dargestellt ist. In der Praxis befindet sich der Winkel A so nahe wie möglich an dem gewünschten Lichtstreuungswinkel des fertig bearbeiteten Gitters. Die Oberfläche 13 ist geläppt und poliert, um eine optisch reflektierende Oberfläche zu bilden. Ein Ende (die linke Seite) des Substrates, das geschabt ist, wird einem Ätzmittel aus Pyrokatechin oder Natriumhydroxyd ausgesetzt, wodurch die  $(111)$ -Kristallfläche innerhalb des Rohlings 10 aufgedeckt wird. Diese  $(111)$ -Kristallfläche wird vorzugsweise aufgedeckt, da sie 30 bis 50 mal widerstandsfähiger gegenüber dem Ätzmittel als das nicht ausgerichtete Silizium ist, was zu einem Rohling gemäß Figur 2A führt.

Der genaue Winkel zwischen der mechanisch polierten Oberfläche 13 und der chemisch polierten  $(111)$ -Fläche 12 kann durch herkömmliche optische Verfahren festgestellt werden. Der gewünschte Lichtstreuungswinkel B zwischen den Ebenen 12 und 14 wird durch Materialentfernung von der Oberfläche 13 erzielt, was durch herkömmliche Läpp- und Polierverfahren bewerkstelligt wird. Auf diese Weise erhält man eine Deckfläche 14 gemäß Figur 2B.

Das Substrat wird sodann gesäubert und oxydiert, beispielsweise mittels eines Dampfxydgenerators, um eine Oxydschicht 15

27.05.80

3219917

-7-

auf der Oberfläche 14 mit einer Dicke von ungefähr  $1\text{ }\mu\text{m}$  zu bilden. Diese Oxydschicht muß frei von Störungen sein, da sie bei späteren Verfahrensschritten als Ätzmaskenmaterial dient. Eine Schicht aus Photoresist 16 wird auf die Oxydschicht 15 mittels einer herkömmlichen Eintauch- oder Aufsprühtechnik aufgebracht.

Eine Maske 17 wird auf das Photoresist 16 aufgelegt und das Photoresist wird anschließend belichtet. Die Maske umfaßt eine Reihe von schmalen lichtundurchlässigen Linien, deren Abstand dem gewünschten Abstand der Kerben in dem hergestellten Gitter entspricht. Der räumliche Abstand der Kerben bildet eine Entwurfscharakteristik des Gitters. Für eine Verwendung im Infrarotspektrum ist der Gitterabstand relativ grob und beträgt ungefähr 60 Linien pro Millimeter. Die Breite der Maskenlinie muß gering sein, da der Bereich seitlich jeder Linie gestört wird und einen bestimmten Teil der auftreffenden Energie in einer ungewünschten Richtung reflektiert. In der Praxis ist die Linienbreite eine Funktion der Auflösung der Photomaske, des Unterschneidens der Maske bei dem Ätzvorgang und der Fähigkeit der optischen Ausrichtung der Maske, so daß die Linien der Maske parallel zu der Schnittlinie 18 (Fig. 1) der Ebenen 12 und 14 in dem zuvor geätzten Bereich des Rohlings verlaufen. Im vorliegenden Beispiel besitzen diese Maskenlinien der Maske 17 eine Breite von ungefähr  $13\text{ }\mu\text{m}$ .

Die Oxydschicht wird sodann unter Verwendung von Hydrofluorsäure weggeätzt, wodurch die schmalen Linien aus Oxyd unterhalb der Maske zurückbleiben. Der Rohling 10 wird sodann in ein bevorzugtes Ätzbad aus Pyrokatechin oder Natriumhydroxyd eingebracht, so daß die (111)-Oberfläche<sup>n</sup> 12 des Siliziumsubstrats gemäß Figur 2E freigelegt werden,

27.05.81

3219917

-8-

wobei diese Oberflächen 12 die Maskenlinien 17 schneiden.

Die verbleibende Oxydschicht wird unter Verwendung von Hydrofluorsäure entfernt. Das fertiggestellte Beugungsgitter besteht aus Kerben, welche durch schemisch polierte (111)-Ebenen gebildet werden, die unter dem Winkel B freigelegt werden. Diese Ebenen sind durch schmale Streifen aus poliertem Substrat getrennt, die sich unterhalb der Maske 17 in der Ebene 14 befinden. Der Gitterrohling wird sodann zugeschnitten, um überschüssiges nicht mit einem Muster versehenes Material zu entfernen. Das gesamte Gitter kann sodann metallisiert werden, um die Reflexionseigenschaften in dem ausgewählten Wellenbereich zu verbessern.

27-05-82

1009082

3219917

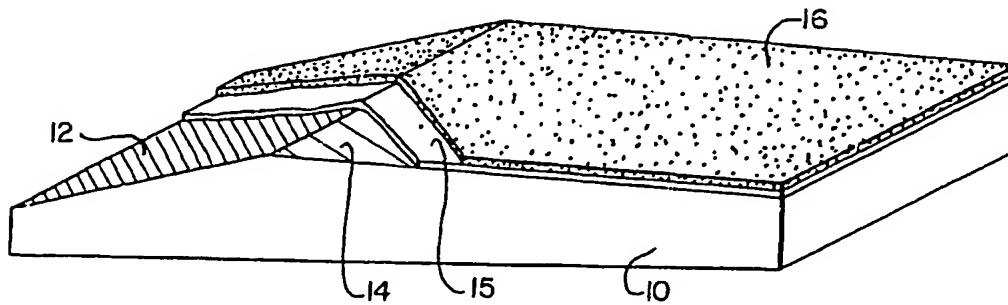


FIG. 2C

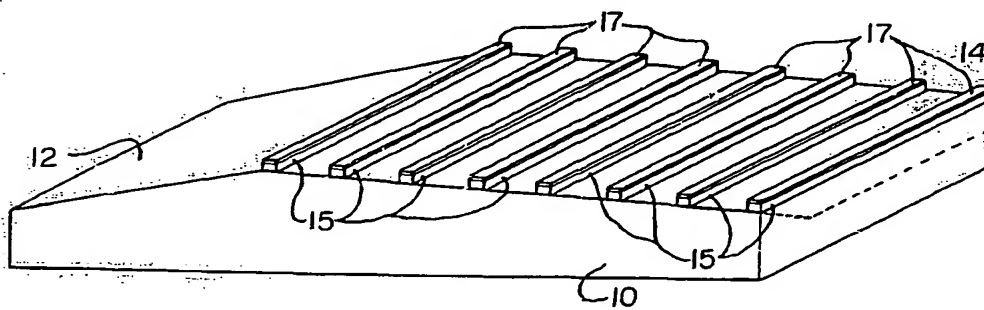


FIG. 2D

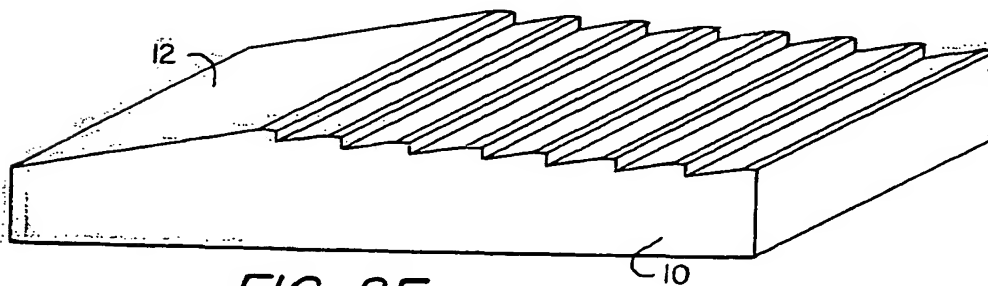


FIG. 2E

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

# ENDEBLATT

**DRUCKAUFTRAGS-ID: 5575**

**Benutzer:** klstadle  
**Drucker:** gdK6N09  
**Job Beginn:** 08.05.2000 14:55  
**Job Ende:** 08.05.2000 14:55

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**